Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 3, Fall. 2020, p. 251-266

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۲۶۶-۲۵۱

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annus* L.)، لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) و کدو پوست‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[1]، مینا هوشمند[2]، سرور خرم دل[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی و مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلـوط سـه گونـه زراعـی آفتـابگردان (*Helianthus annus* L.)، کـدو پوسـت‌کاغـذی (*Cucurbita pepo* L.) و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد آن‌هـا، آزمایشـی در مزرعـه تحقیقـاتی دانشـکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و پنج تیمار اجرا شـد. تیمارها شامل ترکیب‌های مخلوط دوگانه (H:C, H:P,C:P) و سه‌گانه یک ردیفی و دو ردیفی (H:C:P,HH:CC:PP) در سـری‌هـای جـایگزینی و تک‌کشتی هر گونه (H,C, P) بود. صفات مورد مطالعه شامل اجزای عملکرد، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت سه گونه آفتـابگردان، کدو پوست کاغذی و لوبیا چیتی و نسبت برابری زمین بودند. نتایج نشان داد که اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت آفتابگردان، کدو پوست کاغذی و لوبیا چیتی معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود. بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان مربـوط بـه تیمار مخلوط سه‌گانه دو ردیفی (HH:CC:PP) (۱۰۱۵۸ کیلوگرم در هکتار)، لوبیا چیتی مربوط به کشت خالص (P) (۱۰۴۹ کیلـوگرم در هکتـار) و در کدو پوست‌کاغذی مربوط به تیمار مخلوط دوگانه لوبیا چیتی+ کدو پوست کاغذی (C:P) (۲۵۰۱ کیلوگرم در هکتار) بود. بیشـترین عملکـرد بیولوژیـک آفتابگردان، کدو پوست کاغذی و لوبیا چیتی به‌ترتیب برای کشت خالص (H)، مخلوط سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) و کشت خالص (P) مشـاهده شد. بالاترین نسبت برابری زمین (LER) در کشت سه‌گانه یک ردیفی (H:C:P) (۱/۶۹) و کمترین نسبت برابری زمین (LER) برای مخلوط دوگانه آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) (۱/۰۶) محاسبه گردید. به‌طور کلی، در تمامی تیمارهای کشت مخلوط در سیستم‌های دوگانه و سه‌گانه نسـبت برابـری زمین بیشتر از یک و در مخلوط‌های سه‌گانه بالاتر از مخلوط‌های دوگانه بود.

واژه‌های کلیدی: سری جایگزینی، عملکرد دانه، کارایی مصرف منابع، نسبت برابری زمین

مقدمه

توسعه کشاورزی صنعتی، گسترش نظام‌های تک‌کشتی و گرایش به استفاده از ارقام پرمحصول با حداقل تنـوع ژنتیکـی در مقایسـه بـا ژنوتیپ‌های بومی، پایـداری درازمـدت بـوم‌نظام‌هـای زراعـی را بـه مخاطره انداخته است. در دهه‌هـای اخیـر، بـا آشـکار شـدن خطـرات زیست‌محیطی کاهش تنوع زیسـتی در مـزارع تحـت مـدیریت رایـج، ایجاد تنوع در نظام‌های زراعی، گونه‌های زراعی و عملیات مـدیریتی، به‌عنوان روش‌هایی برای حفظ امنیت غذایی و کاهش ریسـک، مـورد توجـه چشـمگیری قرارگرفتـه اسـت (Koocheki *et al.*, 2012). در تولید مواد غذایی باید بتوان به‌طور هـم‌زمـان چنـدین جنبـه از جملـه تضمین امنیت غذایی بـرای جمعیـت رو بـه رشـد از طریـق افـزایش بهره‌وری و درآمد، کاهش خطرات زیست‌محیطـی و کـاهش تغییـرات اقلیمی را مورد نظر قرار داد.

در حال حاضر تولید مواد غذایی با چالش‌های زیادی مواجـه شـده است؛ پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ میلادی بیش از دو میلیـارد نفر از ناامنی غذایی رنج می‌برنـد. یکـی از دلایـل نـاامنی غـذایی در کشورهای در حال توسعه بی‌ثباتی عملکرد در سیستم‌های زراعـی بـه دلیـل انعطـاف‌پـذیری کمتـری اسـت کـه نسـبت بـه اخـتلالات زیست‌محیطی و تـنش‌هـای زیسـتی دارنـد (Raseduzzaman and Jensen, 2017).

کشت مخلوط به‌عنوان راهکاری پایدار بـرای افـزایش بهـره‌وری کشاورزی و کاهش نوسانات عملکرد در طی سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفتـه اسـت (-Raseduzzaman and Jensen, 2017; IPES

۱- استاد، عضو هیئت علمـی گـروه اگروتکنولـوژی، دانشـکده کشـاورزی، دانشـگاه فردوسی مشهد
۲- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار، عضو هیئت علمی گروه اگروتکنولـوژی، دانشـکده کشـاورزی، دانشـگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v18i3.76748

Food, 2016). یکی از مکانیسم‌های ثبات عملکرد در کشت مخلوط این است که اگر یک محصول از بین برود یا رشد محدودی داشته باشد محصول دیگر می‌تواند کمبود عملکرد را تا حدودی جبران کند. ویژگی دیگر کشت‌های مخلوط این است که به‌عنوان بافری در برابر آفات و بیماری‌ها عمل می‌کند (Raseduzzaman and Jensen, 2017). همچنین کشت مخلوط سبب افزایش تنوع گونه‌ای شده که این امر مقاومت گیاهان در برابر عوامل زیست‌محیطی را موجب خواهد شد. در بررسی بر روی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) گزارش شد که مجموع عملکردی نسبی در سال‌های مختلف برابر ۱/۴ و ۱/۲۹ تن در هکتار بود (Ijoyah *et al.*, 2013). نتایج تحقیقات کشت مخلوط آفتابگردان و باقلا (*Vicia faba* L.) نشان داد که افزون بر ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های زراعی و ایجاد پایداری و ثبات تولید، بهره‌گیری از این نظام کشت می‌تواند به‌طور چشمگیری سبب افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین شود (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2015). نتایج پژوهشی در زمینه ارزیابی کشت مخلوط ارزن دم روباهی (*Panicum miliaceum* L.) و ماش (*Vigna radita* L.) مشخص نمود که تیمارهای مخلوط نسبت به خالص از نسبت برابری زمین بالاتری برخوردار بودند (Khatamipour *et al.*, 2014). پژوهشگران در آزمایشی بر روی آفتابگردان، ذرت و سویا بیان کردند که کاشت این سه گیاه زراعی در کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد و نسبت برابری زمین شد که این امر می‌تواند سبب پایداری اکوسیستم‌های زراعی شود (Amini *et al.*, 2014). در پژوهشی، کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2013) بر روی کشت مخلوط کتان (*Linum usitatissimum* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) بیان کردند که نسبت برابری زمین در الگوهای کشت دو ردیفی و سه ردیفی بالاتر از یک بود که این امر نشان‌دهنده برتری نسبی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌باشد.

یکی از شرط‌های موفقیت در کشت مخلوط این است که گونه‌های همراه دارای اختلافات مورفورلوژیکی و به‌عبارت‌دیگر آشیان‌های بوم‌شناختی متفاوتی باشند، در این حالت گونه‌ها به‌صورت مکمل عمل می‌نمایند و حداکثر استفاده از منابع محیطی را دارند؛ بنابراین انتخاب گونه‌های گیاهی با خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متفاوت حائز اهمیت می‌باشد (Koocheki *et al.*, 2017; Moradi *et al.*, 2016). از این‌رو در پژوهشی روی کشت مخلوط تأخیری گیاهان نخود (*Cicer arietinum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) با کدو مشخص شد که این ترکیب گونه‌ای به‌واسطه داشتن اختلاف موفولوژیکی کارایی مصرف منابع به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (Khoramivafa *et al.*, 2011). بر این اساس، با توجه به اهمیت انتخاب گونه‌های همراه دارای اختلافات مورفولوژیکی، در این مطالعه سه گونه آفتابگردان، لوبیا چیتی و کدو پوست کاغذی مورد مطالعه قرار گرفتند. آفتابگردان با داشتن ارتفاع بلندتر نسبت به دو گونه دیگر، لوبیا چیتی به‌عنوان گیاه بالارونده و تثبیت‌کننده نیتروژن و کدو پوست‌کاغذی به دلیل فرم رشدی خزنده و قابلیت پوشش سریع سطح زمین و رشد در سایه، ساختار مورفولوژیکی متفاوتی را دارا می‌باشند. از این رو این ترکیب به‌عنوان یکی از الگوهای کشت مخلوط کلاسیک جهت ارزیابی سودمندی‌های زراعی از نظر عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط آب و هوایی مشهد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از کشت خالص آفتابگردان (H)، کدو پوست کاغذی (C) و لوبیا چیتی (P) و کشت مخلوط جایگزینی دوگانه و سه‌گانه آن‌ها شامل کشت مخلوط آفتابگردان و کدو پوست کاغذی (H:C)، آفتابگردان و لوبیا چیتی (H:P)، کدو پوست کاغذی و لوبیا چیتی (C:P)، آفتابگردان و کدو پوست کاغذی و لوبیا (H:C:P) به‌صورت یک ردیف در میان و آفتابگردان و کدو پوست کاغذی و لوبیا (HH:CC:PP) به‌صورت نواری (دو ردیف در میان).

زمین مورد استفاده در دو سال قبل از اجرای آزمایش تحت آیش قرار داشت. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در سال‌های اول و دوم، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of the experiment field (0-30 cm depth)

پتاسیم قابل‌دسترس Available K (ppm)	فسفر قابل‌دسترس Available P (ppm)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	سال Year	بافت Texture
356	47.1	0.068	0.65	7.65	1.70	2015-2016	لوم سیلتی Silty loam
355	46.50	0.066	0.68	7.68	1.71	2016-2017	

عملیات آماده‌سازی زمین و تهیه بستر کاشت با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دو بار دیسک عمود بر هم در هر دو سال، در اردیبهشت انجام شد. سپس با استفاده از فاروئر، ردیف‌های کشت با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و طول سه متر ایجاد شد، بدین ترتیب ابعاد کرت‌ها ۲/۲۵×۳ مترمربع در نظر گرفته شد. بذور مورد استفاده از مزرعه دانشکده تهیه گردید. ارقام کشت شده برای آفتابگردان آلستار، برای لوبیا صدری و برای کدو *Cucurbita pepo* L. var. styriac بودند. هر کرت شامل شش ردیف کاشت بود. کاشت دستی در هر دو سال در نیمه دوم اردیبهشت ماه در دو طرف پشته با فاصله کاشت روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر برای آفتابگردان و کدو پوست کاغذی و ۱۰سانتی‌متر برای لوبیا چیتی انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و با هدف تسهیل در خروج گیاهچه‌ها از خاک و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک‌بار تا پایان فصل رشد به‌صورت نشتی انجام شد. وجین در سه مرحله قبل از بسته‌شدن کانوپی، هم‌زمان با بسته‌شدن کانوپی و در انتهای فصل رشد گیاهان به‌صورت دستی انجام گردید و در طول فصل رشد گیاه از هیچ‌گونه ماده شیمیایی اعم از کود شیمیایی، علف‌کش و سموم دیگری استفاده نشد. در پایان فصل رشد، در شهریور ماه هم‌زمان با زرد شدن و خشک شدن هر سه گیاه خصوصیات رشدی و اجزای عملکرد (برای گیاه آفتابگردان شامل ارتفاع بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در هر طبق، قطر طبق و وزن دانه در هر طبق، برای گیاه کدو پوست‌کاغذی شامل وزن دانه در هر میوه، وزن صد دانه، وزن تر میوه، وزن خشک بوته در واحد سطح، تعداد دانه در میوه و وزن خشک میوه و برای لوبیا چیتی شامل ارتفاع بوته، تعداد نیام در هر بوته، تعداد دانه در هر نیام، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک بوته در واحد سطح، وزن نیام در هر بوته، وزن دانه در هر بوته و وزن صد دانه) از سطح پنج بوته به‌صورت تصادفی اندازه‌گیری و تعیین شد.

به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک مساحت یک مترمربع از هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای و برداشت از نزدیکی سطح زمین انجام و پس از خشک شدن اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک تعیین شد.

برای ارزیابی کشت مخلوط کدو پوست کاغذی با آفتابگردان و لوبیا در مقایسه با کشت خالص شاخص نسبت برابری زمین (LER) جزئی و کل محاسبه شد (Gliessman, 1998).

$$LER= (Y_1/B_1)+(Y_2/B_2)+(Y_3/B_3) \qquad (۱)$$

که در این معادله Y_1، Y_2 و Y_3: به‌ترتیب عملکرد گونه‌های کدو پوست کاغذی، آفتابگردان و لوبیا در کشت مخلوط B_1، B_2 و B_3: نیز عملکرد گونه‌های کدو، آفتابگردان و لوبیا در کشت خالص است. بر این اساس نسبت برابری زمین کل از مجموع نسبت برابری زمین جزئی برای هر گونه (نسبت عملکرد هر گونه در مخلوط به خالص) محاسبه شد.

ارزیابی یکنواختی واریانس داده‌های دو سال با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد و با توجه به نتیجه آزمون، داده‌ها به‌صورت مرکب مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها از نرم‌افزارهای SAS ver.9.2 و MS Excel و برای مقایسات میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ترکیب‌های مختلف کاشت بر صفات ارتفاع بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در طبق، قطر طبق، وزن دانه در طبق، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بود. در حالی‌که اثر سال در تمامی صفات در سطح احتمال ۱ درصد ($p≤۰/۰۱$) و تنها در صفت ارتفاع در سطح احتمال ۵ درصد ($p≤۰/۰۵$) معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت تأثیر ترکیب‌های کشت مخلوط با دو گونه کدو پوست‌کاغذی و لوبیا چیتی در سال‌های اول و دوم آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

نتایج نشان داد که اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با دو گونه کدو پوست کاغذی و لوبیا چیتی بر ارتفاع بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در هر طبق، قطر طبق، وزن دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت آفتابگردان معنی‌دار ($p≤۰/۰۱$) بود (جدول ۲).

ارتفاع بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در هر طبق و قطر طبق

بیشترین و کمترین ارتفاع بوته آفتابگردان در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب برای الگوی مخلوط دوگانه آفتابگردان+کدو پوست‌کاغذی (H:C) (به‌ترتیب ۲۰۱/۵ و ۱۷۴ سانتی‌متر) و مخلوط سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) (به‌ترتیب ۱۶۰/۹ و ۱۶۲ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۲). با توجه به این‌که گیاه کدو پوست‌کاغذی سطح زمین را کامل می‌پوشاند و این امر باعث کاهش تبخیر از سطح خاک و جلوگیری از تأثیر علف‌های هرز شده که این عوامل سبب شده تا بیشترین ارتفاع آفتابگردان در این تیمار مشاهده شود همچنین به‌دلیل این‌که گیاه آفتابگردان با توجه به آرایش بوته‌ای که نسبت به دو گیاه دیگر دارد در جذب نور می‌تواند موفق بوده باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت تأثیر ترکیب‌های کشت مخلوط با کدو پوست‌کاغذی و لوبیا چیتی در دو سال زراعی

Table 2- Mean comparisons for the yield and yield components of sunflower affected by different intercropping arrangements with common bean and pumpkin in two growi

		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در طبق No. of seeds per head	قطر طبق Head diameter (cm)	وزن دانه در طبق Seed weight per head (g)	وزن صد دانه 100-seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (٪)
سال Year	2015-16	185.52a*	1060.47a	21.99a	109.69a	16.29a	34.25a
	2016-17	168.82b	945.95b	20.11 b	55.82b	11.20 b	36.16a
ترکیب‌های کشت مخلوط Intercropping arrangement	H	176.835a	1046.05ab	22.36a	87.96b	12.69c	28.37b
	H:C	188.112a	1023.90b	21.06abc	79.56bc	15.23a	32.30ab
	H:P	179.000a	907.93c	20.31bc	75.10bc	15.26a	33.70ab
	H:C:P	180.477a	1121.64a	22.02ab	63.85 c	11.12 d	44.78a
	HH:CC:PP	161.445a	917.07c	19.52c	107.28a	14.62b	36.87ab
سال Year 2015-16	H	189.88b	999.53 bc	21.33bc	60.98 e	14.97b	31.63bc
	H:C	201.55 a	1171.68 a	23 ab	58.89e	18.72 a	25.59cd
	H:P	187.00 b	1027.23 bc	23.44 a	55.77 e	19.84 a	35.76b
	H:C:P	188.28 b	1156.42 a	21.11 c	48.89e	11.99 cd	45.78a
	HH:CC:PP	160.88 e	947.49 cd	21.11 c	54.52 e	15.96 b	29.49cd
2016-17	H	163.77 de	1092.56 ab	23.38 a	114.93b	10.41 e	25.10d
	H:C	174.66 c	876.11 de	19.13 d	100.22c	11.75 de	36.01 b
	H:P	171 cde	787.55 e	17.19 e	94.43 c	10.69 de	31.65 c
	H:C:P	172.66 cd	1086.87 ab	22.93 ab	78.81 d	10.25 e	42.17 a
	HH:CC:PP	162 e	886.64 de	17.93 de	160.05a	13.28 c	44.25 a

H: کشت خالص آفتابگردان، (H:C): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی، (H:P): آفتابگردان+ لوبیا چیتی، (H:C:P): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (یک ردیفی) و (HH:CC:PP): آفتابگردان+کدو پوست کاغذی + لوبیا چیتی (دو ردیفی)

H: Sole cropping of sunflower, (H:C): sunflower+ pumpkin,(H:P): sunflower+ common bean, (H:C:P): sunflower+ pumpkin+ common bean (one row) and (HH:CC:PP): sunflower+ pumpkin+ common bean (two rows)

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with the same letter(s) in each column and each component have no significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

نتایج بررسی نصرالله‌زاده و همکاران (Nasrulazadeh asl *et al.*, 2012) روی ارزیابی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا چیتی نشان داد که ارتفاع بوته آفتابگردان در تیمار مخلوط بیشتر از خالص بود. همچنین در بررسی کشت مخلوط آفتابگردان و گوارا (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) بیان شد که ارتفاع بوته درکشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (Momene Kikha *et al.*, 2017). اثر ترکیب‌های کشت مخلوط بر وزن صد دانه آفتابگردان نشان داد که در سال اول بیشترین وزن صد دانه مربوط به تیمار دوگانه آفتابگردان+لوبیا چیتی (H:P) بوده که با تیمار دوگانه آفتابگردان+کدو پوست کاغذی (H:C) اختلاف معنی‌داری نداشته ولی با سایر تیمارها اختلاف داشتند که علت این عامل را می‌توان به حضور تأثیر گونه همراه تثبیت‌کننده نیتروژن (لوبیا چیتی) نسبت داد که نیاز تغذیه‌ای آفتابگردان را فراهم کرده و همچنین حضور گیاه همراه کدو پوست‌کاغذی به دلیل این‌که توانسته از تنش رطوبتی برای آفتابگردان به دلیل سایه‌اندازی جلوگیری نموده سبب شده تا بیشترین وزن صد دانه مربوط به این تیمارها باشد. علاوه بر این با توجه به این‌که گیاه آفتابگردان نسبت به دو گیاه دیگر در به دلیل سیستم ریشه‌ای موفق‌تر بوده و توانسته در این ترکیب مخلوط بهتر عمل کرده و وزن صد دانه بالایی را به خود اختصاص دهد.کمترین وزن صد دانه مربوط به تیمار کشت مخلوط سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) می‌باشد که علت کاهش وزن صد دانه را می‌توان به دلیل تشدید رقابت بین‌گونه‌ای هر سه گونه گیاهی برای تأمین نیاز تغذیه‌ای مربوط دانست. در سال دوم بیشترین و کمترین میزان وزن صد دانه به‌ترتیب مربوط به الگوی کشت مخلوط سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) و مخلوط سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) حاصل شد (جدول ۲). در تحقیقی نصرالله‌زاده اصل و طالبی (Nasrulazadeh asl and Talebi, 2016) بر روی ذرت و آفتابگردان عنوان کردند که وزن صد دانه آفتابگردان در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافت.

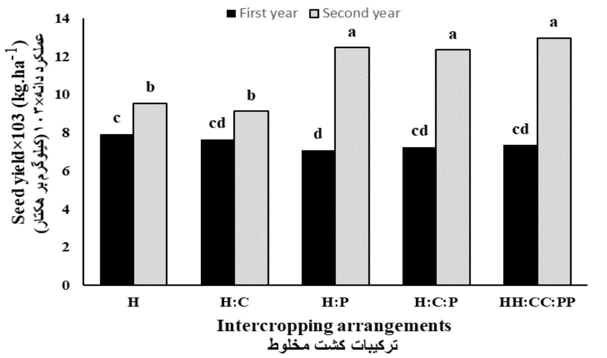
تعداد دانه در هر طبق، وزن دانه در یک طبق و قطر طبق

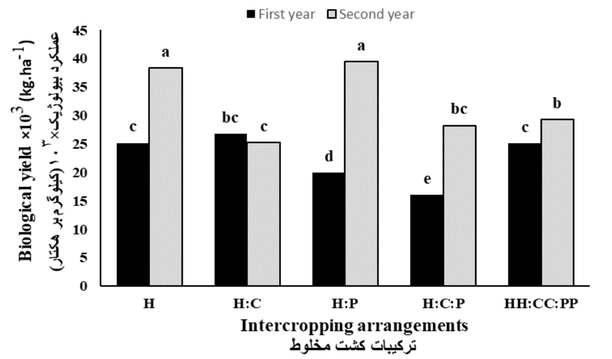
مقایسه میانگین صفات نشان داد که در سال اول بیشترین تعداد دانه در هر طبق آفتابگردان مربوط به تیمار دوگانه آفتابگردان+کدو پوست کاغذی (H:C) (۱۱۷۱/۷ دانه در طبق) بود که با تیمار سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) (۱۱۵۶/۴ دانه در طبق) اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی این دو تیمار با سایر تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری داشتند و کمترین آن مربوط به تیمار سه‌گانه دو ردیفه (E) (۹۴۷/۵ دانه در طبق) بود. در سال دوم بیشترین و کمترین تعداد دانه در هر طبق به‌ترتیب در تیمار کشت خالص آفتابگردان (H) (۱۰۹۲/۶ دانه در طبق) و کشت دوگانه آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) (۷۸۷/۶ دانه در طبق) حاصل گردید (جدول ۲). علت این تفاوت در دو سال را می‌توان به شرایط آب و هوایی متفاوت در دو سال مطالعه مرتبط دانست. همچنین باید متذکر شد که خسارت آفات در سال دوم به بوته‌های لوبیا، علت کمتر بودن تعداد دانه در طبق را می‌توان به این موضوع نسبت داد که پوشش گیاهی کمتر شده و نسبت به تیمار خالص فضای خالی بین ردیف‌ها ایجاد شده که افزایش دمای خاک را به دنبال داشته است. در بررسی نصرالله‌زاده و همکاران (Nasrulazadeh Asl *et al.*, 2012) مشاهده شد که بیشترین تعداد دانه در طبق آفتابگردان در تیمار خالص مشاهده شد. همچنین نتایج پژوهش کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا توسط مورالس و همکاران (Morales *et al.*, 2009) نشان داد که در کشت مخلوط تشدید رقابت برون گونه‌ای موجب کاهش تعداد دانه در طبق شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در مورد صفت وزن دانه در طبق آفتابگردان در سال اول بین هیچ‌کدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی در سال دوم بین تیمارهای مختلف از نظر وزن دانه در هر طبق اختلاف معنی‌داری مشاهده شد؛ به‌نحوی‌که بیشترین وزن دانه در هر طبق مربوط به تیمار مخلوط سه‌گانه دو ردیفه (E) (۱۶۰/۱ گرم در طبق) بود و کمترین آن در تیمار مخلوط سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) (۷۸/۸ گرم در طبق) مشاهده شد. با بررسی شاخص قطر طبق در الگوهای مختلف کشت مخلوط مشاهده شد که بیشترین قطر طبق آفتابگردان در سال اول مربوط به تیمار دوگانه آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) (۲۳/۴ سانتی‌متر) که به‌جز تیمار دوگانه آفتابگردان+ کدو پوست‌کاغذی (H:C) با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشته و کمترین قطر طبق مربوط به الگوی مخلوط سه‌گانه یک ردیفه و دو ردیفه (H:C:P, HH:CC:PP) (۲۱/۱ سانتی‌متر) بود. در سال دوم نتیجه عکسی مشاهده شد؛ به‌طوری‌که بیشترین قطر طبق آفتابگردان مربوط به تیمار خالص (H) (۲۳/۴ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به تیمار دوگانه آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) (۱۷/۹ سانتی‌متر) بود (جدول ۲). نتایج پژوهش کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2012) در کشت مخلوط سه‌گانه آفتابگردان، لوبیا و کنجد نشان داد که قطر طبق تحت تأثیر کشت مخلوط با دو گیاه کنجد و لوبیا قرار گرفت؛ به‌طوری‌که کمترین قطر طبق در تیمار خالص مشاهده شد. در این راستا امینی و همکاران (Amini *et al.*, 2014) در پژوهشی که بر روی کشت مخلوط آفتابگردان، سویا و ذرت انجام دادند بیان کردند که تیمارهای مخلوط بالاترین قطر طبق را دارا بوده که افزایش قطر طبق در کشت مخلوط را به دلیل تأثیر مثبت نیتروژن تثبیت شده توسط ریشه سویا ناشی می‌شود که سبب افزایش رشد و قطر طبق شده است.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد دانه در سال اول مربوط به کشت خالص آفتابگردان (H) با ۷۹۲۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به کشت مخلوط دوگانه آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) با ۷۰۸۸

کیلوگرم در هکتار بود. با این‌حال، اگرچه از نظر عملکرد دانه آفتابگردان بین تیمار خالص و بقیه تیمارهای کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، ولی سایر تیمارها با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۱). نتایج پژوهشی بر روی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا نشان داد که بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان از تیمار خالص به‌دست آمد (Nasrulazadeh asl *et al.*, 2012). هبت و همکاران (Habte *et al.*, 2016) در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیان کردند که بالاترین عملکرد دانه در کشت خالص مشاهده شد. در سال دوم بیشترین عملکرد دانه در تیمار مخلوط سه‌گانه دو ردیفی (HH:CC:PP) به میزان ۱۲۹۶۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که با تیمار مخلوط سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) و مخلوط دوگانه آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی با تیمار آفتابگردان خالص (H) و مخلوط دوگانه آفتابگردان + کدو پوست کاغذی (H:C) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۱).





شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و دانه آفتابگردان تحت تأثیر ترکیب‌های کشت مخلوط با لوبیا چیتی و کدو پوست‌کاغذی در سال‌های اول و دوم

H: کشت خالص آفتابگردان، (H:C): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی، (H:P): آفتابگردان+ لوبیا چیتی، (H:C:P): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (یک ردیفی) و (HH:CC:PP): آفتابگردان+کدو پوست کاغذی + لوبیا چیتی (دو ردیفی)

Figure 1- Mean comparisons for biological yield and seed yield of sunflower affected as intercropping arrangements with common bean and pumpkin in the first and second years

H: Sole cropping of sunflower, (H:C): sunflower+ pumpkin,(H:P): sunflower+ common bean, (H:C:P): sunflower+ pumpkin+ common bean (one row) and (HH:CC:PP): sunflower+ pumpkin+ common bean (two rows)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) in each figure have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

در این راستا نتایج مشابهی در بررسی کشت مخلوط آفتابگران، کنجد و لوبیا روی عملکرد گونه‌های همراه گزارش شد (Koocheki *et al.*, 2012). محققین در کشت مخلوط آفتابگردان و گوار بیان کردند که بالاترین عملکرد دانه در کشت مخلوط مشاهده شد (Momen Keykhah *et al.*, 2018) که علت این عامل را می‌توان به همجواری گیاهان در مخلوط نسبت داد که سبب افزایش محصول نسبت به تک‌کشتی شد. نتایج نشان داد که بیشترین وکمترین عملکرد بیولوژیک در سال اول به‌ترتیب مربوط به تیمار مخلوط دوگانه آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی (H:C) و مخلوط سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) به میزان ۲۶۷۷۲ و ۱۶۰۱۷ کیلوگرم در هکتار بود و در سال دوم بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) مشاهده شد (شکل ۱).

با بررسی شاخص برداشت آفتابگردان مشاهده شد که این شاخص تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با دو گونه همراه لوبیا چیتی و کدو پوست کاغذی قرار گرفت؛ به‌طوری‌که در هر سال اول و دوم بیشترین شاخص در تیمار سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) و تیمار سه گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) به‌ترتیب با ۴۵/۷۸ و ۴۴/۲۵ درصد محاسبه شد. در همین راستا مومن کیخا و همکاران (Momen Keykhah *et al.*, 2017) در مطالعه روی کشت مخلوط آفتابگردان با گوار بیان کردند که شاخص برداشت در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین شاخص برداشت در تیمار مخلوط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان به میزان ۲۴/۸۷ درصد و کمترین آن در تیمار خالص آفتابگردان مشاهده شد. محققین دلیل این افزایش را به دلیل تخصیص بیشتر مواد به اندام‌های زایشی در کشت مخلوط نسبت دادند. حمزه‌ئی و بابایی (Hamzeei and Babaei, 2016) در کشت مخلوط آفتابگردان با لوبیا نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

عملکرد و اجزای عملکرد کدو پوست‌کاغذی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ترکیب‌های مختلف کاشت بر وزن دانه، وزن صد دانه، وزن خشک بوته، تعداد دانه در میوه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت کدو پوست‌کاغذی معنی‌دار (p≤۰/۰۵) بود. درحالی‌که اثر سال در تمامی صفات به‌جز وزن خشک میوه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱).

همچنین نتایج تجزیه واریانس بیانگر این موضوع بود که اثـر متقابـل سال بر ترکیب کشت مخلوط بـر صـفات وزن دانـه، وزن میـوه، وزن خشک بوته، تعداد دانه در میوه، وزن خشک میوه و شـاخص برداشـت معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود و صفات وزن صد دانه، عملکـرد بیولوژیـک و عملکرد دانه تحت تأثیر قرار نگرفتند.

وزن دانه، وزن‌تر میوه، وزن خشـک بوتـه، تعـداد دانـه در میوه، وزن خشک میوه

نتایج مقایسه میانگین اثر ترکیـب‌هـای کشـت مخلـوط دو گیـاه آفتابگردان و لوبیا چیتی بر عملکـرد و اجـزای عملکـرد کـدو پوسـت کاغذی نشان داد که در سال اول بالاترین وزن دانه در میوه مربوط به تیمار مخلوط سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) بود که تنهـا بـا تیمـار مخلوط دوگانـه لوبیـا چیتـی+ کـدو پوسـت‌کاغـذی (H:C) اخـتلاف معنی‌داری داشت و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشـاهده نشـد که علت این اختلاف را می‌توان به سایه‌اندازی آفتابگردان و رقابت بـا کدو پوست‌کاغذی و تأثیر منفی این رقابت بر وزن دانه کدو به‌عنـوان گیاه همراه مغلوب نسبت داد. در سال دوم بیشترین وزن دانه در میـوه کـدو پوسـت‌کاغـذی مربـوط بـه تیمـار دوگانـه لوبیـا چیتـی +کـدو پوست‌کاغذی (C:P) به میزان ۱۵۶/۰۳ دانـه در میـوه و کمتـرین آن مربوط به تیمار سه‌گانه دو ردیفـه (HH:CC:PP) بـا ۸۸/۵۶ دانـه در میوه بود (جدول ۳). علت افزایش وزن دانه در تیمار دوگانه لوبیا چیتی +کدو پوست کاغذی را این‌گونه بیان کرد که حضور ایـن دو گونـه در کنار هم به دلیل اثر تسهیلی، ایجاد رابطه همیـاری مفیـد و همچنـین سایه‌اندازی بوته‌های لوبیا بر کدو پوسـت کاغـذی بـه دلیـل سـاختار رویشی کوچک، سایه‌اندازی بر کدو نداشته و کدو توانسته نور بیشتری را جذب کند. از طرف دیگر، تشدید رقابت بین گونـه‌ای سـه گانـه در کشت مخلوط سه گونه به‌صورت همـراه باعـث کـاهش وزن دانـه در میوه کدو شده است.

نتایج مقایسه میانگین از نظر وزن‌تر میـوه کـدو پوسـت کاغـذی تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط با آفتابگردان و لوبیا چشـم بلبلـی نشان داد که در سال اول بیشترین وزن‌تـر میـوه مربـوط بـه تیمـار کـدو خالص (C) و تیمار سه‌گانـه دو ردیفـه (HH:CC:PP) بـه‌ترتیـب بـا ۳/۵۷ و ۳/۵۴ کیلوگرم در بوته بـوده و کمتـرین وزن میـوه در تیمـار سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) به میزان ۱/۵۹ کیلـوگرم در بوتـه ثبـت شد. در سال دوم نیز مشابه سال اول بیشترین وزن‌تر میوه مربـوط بـه کشت خالص (C) به میزان ۲/۱۸ کیلوگرم در بوته و کمترین میزان را تیمارهای مخلوط دوگانه کدو پوست کاغـذی+ آفتـابگردان (H:C) و دو مخلوط سه‌گانه (H:C:P, HH:CC:PP) به خود اختصـاص دادنـد (جدول ۳). تقریباً نتایج مشابهی در مورد وزن خشک میوه نیز به‌دست آمد. به طوری‌که بالاترین وزن خشک میوه کـدو پوسـت کاغـذی در سال اول در تیمار سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) با ۲۸۸/۹ گرم در بوته به‌دست آمد که با سایر تیمارهای اخـتلاف معنـی‌داری داشـت و کمترین آن در تیمارهای دوگانه مخلوط کـدو پوسـت کاغـذی+ لوبیـا چیتـی و کـدو پوسـت کاغـذی + آفتـابگردان (C:P, H:C) و کشـت خالص (C) مشاهده شد. همچنین در سال دوم بـالاترین میـزان ایـن صفت مربوط به کشت خالص بـود کـه بـا تیمـار سـه‌گانـه دو ردیفـه (HH:CC:PP) اختلاف معنـی‌داری نداشـت و کمتـرین میـزان وزن خشک مربوط به تیمار سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت بالاتر بودن وزن خشک میـوه در ایـن تیمارهـا بـه خاطر این مسئله است که در تیمار سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) و خالص (C) رقابت نسبت به سایر تیمارهای دوگانـه تخفیـف یافتـه و همچنین به‌دلیل افزایش فراهمی عناصر غـذایی بـه‌ویـژه نیتـروژن و فراهمی رطوبت به‌واسطه سایه‌اندازی بوته‌های کدو بر روی خـاک، در نهایت، بوته‌ها انرژی بیشتری را صرف تولید میوه کـرده‌انـد. از طـرف دیگر، علت کاهش وزن خشک در تیمار سه‌گانه یک ردیفـه (H:C:P) را می‌توان به بالاتر بودن رقابت بین‌گونـه‌ای مـرتبط دانسـت. از نظـر وزن خشک تک بوته در سال اول بیشترین وزن خشک بوته به تیمـار کشت خالص (C) (با ۲۳۱/۳۹ گرم) اختصاص داشت و کمترین آن در تیمار سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) (با ۹۲/۷۲ گرم) مشاهده شد. نتایج نشان داد که در سال دوم نیز روندی تقریباً مشابه سال اول بـه‌دسـت آمد؛ به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک مربوط بـه تیمـار دوگانـه کـدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (C:P) و خالص (C) (به‌ترتیب با ۱۵۶/۶۶ و ۱۴۵ گرم) و کمترین میزان وزن خشک در تیمار سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) (با ۷۲/۷۷ گرم) حاصل گردید (جدول ۳). علت افزایش وزن خشک بوته در تیمار خالص را می‌توان تأثیر کمتر رقابت درون‌گونه‌ای بر وزن خشک بوته دانست که در این شرایط گیاه به‌راحتی توانسته از شرایط محیطی استفاده بهینه را داشـته باشـد کـه در نتیجـه موجـب افزایش وزن خشک بوته شده است. لازم به ذکر است کـه در کشـت خالص (C) و کشت دوگانه کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (C:P) به دلیل این‌که گیاه کدو دارای فرم رویشی خزنده بوده و سطح زمـین را به‌طور کامل پوشانده است، توانسته تقریباً تمام نور رسـیده بـه سـطح زمین را جذب نموده و به تبع آن فتوسنتز بالایی داشته باشد. همچنین تبخیر از سطح زمین به‌واسطه ایجاد پوشش گیاه کدو پوست‌کاغذی بر سطح خاک به میزان زیادی کاهش‌یافته و به تبع آن رطوبت مورد نیز برای جذب عناصر غذایی توسط گیاه فـراهم شـده و ایـن امـر سـبب افزایش زیست‌توده در این تیمارها شده است. لذا با توجه به این‌که در ترکیب مخلوط کدو پوست‌کاغذی با لوبیا چیتـی نیتـروژن مـورد نیـاز برای تحریک رشد اندام‌های فتوسنتزکننده به‌طور مناسب‌تری تأمین و در نتیجه فتوسنتز افزایش یافته که در نتیجه افزایش تولید زیست‌توده را موجب شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کدو پوست کاغذی تحت تأثیر ترکیب‌های کشت مخلوط با آفتابگردان و لوبیا چیتی در دو سال زراعی

Table 3- Mean comparisons for the yield and yield components of pumpkin affected by different intercropping arrangements with common bean and sunflower in two growing

		وزن دانه در میوه Seed weight per fruit (g)	تعداد دانه در میوه Number of seeds per fruit	وزن‌تر میوه در بوته Fruit weight per plant (kg)	وزن خشک میوه در بوته Dry weight of fruit per plant (g)	وزن خشک بوته Dry weight of plant (g)	وزن صد دانه 100-seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
سال Year	2015-16	111.50 a*	451.07 a	2.66 a	125.22 a	171.38 a	15.10 a	31.29 a
	2016-17	50.53 b	318.10 b	1.87 b	119.50 a	113 b	12.59 b	21.96 b
ترکیب‌های کشت مخلوط Intercropping arrangement	C	87.34ab	410.05 b	2.07 a	125.9b	188.2 a	14.40 b	27.47 a
	C:P	107.18a	474.43a	2.28 abc	96.2 cd	155.02 b	14.55 b	31.95 a
	H:C	68.45b	355.91 c	1.84 bc	80.16 d	134.03 b	11.62 c	27.37 a
	H:C:P	67.08 b	346.69 c	1.68 c	106.8 bc	82.74 c	12.25 c	28.17 a
	HH:CC:PP	75.03 b	335.83 c	2.64 ab	202.69 a	150.96 b	16.40 a	18.17 b
سال Year 2015-16	C	56.76 e	348.41cd	3.57 a	76.90d	231.39 a	15.61 b	26.310 cde
	C:P	58.33e	354.13 cd	2.66 b	98.82d	153.37 d	15.76 b	27.75 cd
	H:C	32.37 g	234.4 e	1.92 cd	65.95 d	191.4 b	13.56 c	20.742 def
	H:C:P	43.71 e	290.50 de	1.59 d	139.54 c	92.72 fg	13.14 c	19.033 ef
	HH:CC:PP	61.50 e	363.06 cd	3.54 a	244.89a	188.03bc	17.45 a	15.999 f
سال Year 2016-17	C	117.93b	471.70b	2.18 bc	174.91 b	145 de	13.19 c	28.641 bc
	C:P	156.03a	594.74 a	1.90 cd	93.69 d	156.66 cd	13.34 c	36.148 ab
	H:C	104.53c	477.43b	1.75 cd	94.36 d	76.66 g	9.68 e	34.012 abc
	H:C:P	90.44d	402.89bc	1.76 cd	74.05 d	72.77 g	11.36 d	37.312a
	HH:CC:PP	88.56d	308.59 cde	1.72 cd	160.49 bc	113.88ef	15.36 b	20.339 def

C: کشت خالص کدو پوست کاغذی، (C:P): لوبیا چیتی+ کدو پوست کاغذی، (H:C): کدو پوست کاغذی+آفتابگردان، (H:C:P): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (یک ردیفی) و (HH:CC:PP): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (دو ردیفی)

C: Sole cropping of pumpkin, (C:P): common bean + pumpkin, (H:C): pumpkin+ sunflower, (H:C:P): sunflower+ pumpkin+ common bean (one row) and (HH:CC:PP): sunflower+ pumpkin+ common bean (two rows)

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

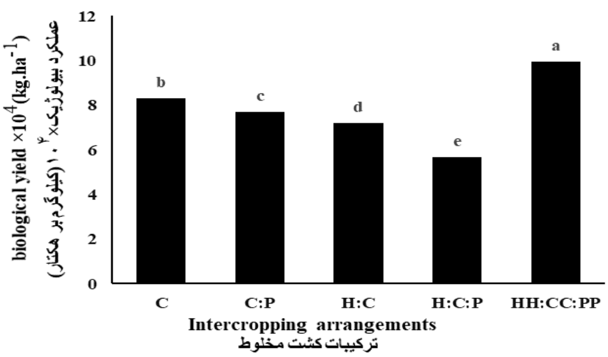
* Means with the same letter(s) in each column and each component have no significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

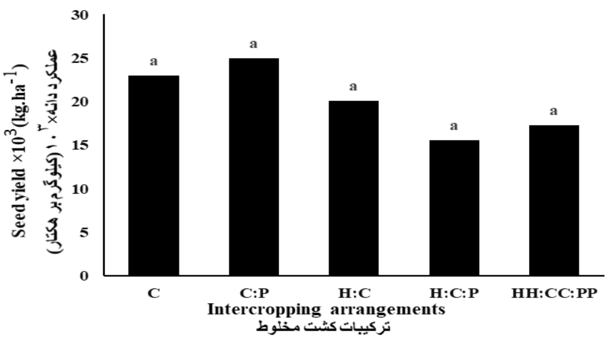
در سال اول بالاترین تعداد دانه در میوه کدو پوست کاغذی مربوط به تیمار سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) (با ۳۶۳/۰۶ دانه در میوه) حاصل گردید که با تیمارهای مخلوط سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P)، دوگانه کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (C:P) و خالص کدو پوست‌کاغذی (C) اختلاف معنی‌دار نداشت و کمترین آن مربوط به تیمار دوگانه کدوپوست کاغذی + آفتابگردان (H:C) (به میزان ۲۳۴/۴ دانه در میوه) بود. در سال دوم بالاترین تعداد دانه در تیمار دوگانه کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (C:P) (به میزان ۵۹۴/۷۴ دانه در میوه) به‌دست آمد که با تمام تیمارهای مخلوط اختلاف معنی‌داری داشته و کمترین آن مربوط به تیمار سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) (به میزان ۳۰۸/۵۹ دانه در میوه) بود (جدول ۳). با توجه به یافته‌های پژوهش می‌توان گفت که بالاترین تعداد دانه در تیمارهایی به‌دست آمد که لوبیا چیتی در آن به‌عنوان گیاه همراه حضور داشته است که در نتیجه دلیل آن را می‌توان این‌گونه بیان کرد که همراهی سه گونه کدو و آفتابگردان علاوه بر برداشت نیتروژن خاک، موجب تحریک تثبیت بیولوژیکی نیتروژن شده است که این امر می‌تواند علاوه بر بهبود کارایی مصرف نیتروژن، موجب بهبود بهره‌وری مصرف و افزایش کارایی مصرف سایر منابع ازجمله آب و نور را به دنبال داشته باشد. نتایج آزمایش مرادی مرجانه و همکاران (Moradi Marjaneh *et al.*, 2014) نیز نشان داد که بیشترین تعداد دانه در میوه در شرایط مصرف ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۴۶۶ دانه در میوه به‌دست آمد. در نتیجه به نظر می‌رسد علت این امر مربوط به نیاز این گیاه به فراهمی نیتروژن باشد که در شرایط مصرف این عنصر پرمصرف، رشد و به تبع آن تعداد دانه افزایش یافته است. در مطالعه‌ای تحت تیمارهای مختلف خاک‌ورزی با گیاه پوششی گزارش شد که بیشترین تعداد دانه در میوه کدو پوست کاغذی با ۳۴۸ دانه مشاهده شد که علت این تعداد بالای دانه به تأمین نیاز تغذیه‌ای گیاه نسبت داده شده که از طریق افزایش رشد گیاه باعث افزایش تعداد دانه در میوه شده است (Esfandiyari Ekhlas *et al.*, 2018).

در سال‌های اول و دوم بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا چیتی و آفتابگردان از لحاظ شاخص برداشت کدو پوست کاغذی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد؛ به‌این‌ترتیب بالاترین میزان شاخص برداشت به تیمار دوگانه کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (C:P) و تیمار سه‌گانه یک ردیفه (HH:CC:PP) اختصاص داشت (جدول ۳). نتایج بررسی بر روی کشت مخلوط لوبیا چیتی و کدو پوست‌کاغذی حاکی از برتری کشت مخلوط نسبت به خالص بود (Rushdi *et al.*, 2012).

عملکرد دانه و بیولوژیک

بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه کدو پوست کاغذی به‌ترتیب برای تیمارهای سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) و دوگانه (C:P) (به‌ترتیب با ۹۹۵۴/۶۴ و۲۵۰۱/۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار برای هر دو صفت، برای تیمار سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) (به‌ترتیب با ۵۶۶۰۵ و ۱۵۵۶ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۲). از نظر عملکرد دانه بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، درحالی‌که در عملکرد بیولوژیک بین تمام تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۲).





شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و دانه کدو پوست کاغذی تحت تأثیر ترکیب‌های کشت مخلوط با لوبیا چیتی و آفتابگردان

C: کشت خالص کدو پوست کاغذی،(C:P): لوبیا چیتی+ کدو پوست کاغذی، (H:C): کدو پوست کاغذی+آفتابگردان، (H:C:P): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (یک ردیفی) و (HH:CC:PP): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (دو ردیفی)

Figure 2- Mean comparisons for biological yield and seed yield of pumpkin affected by intercropping arrangements with common bean and sunflower

C: Sole cropping of pumpkin, (C:P): common bean + pumpkin, (H:C): pumpkin+ sunflower, (H:C:P): sunflower+ pumpkin+ common bean (one row) and (HH:CC:PP): sunflower+ pumpkin+ common bean (two rows)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter(s) in each column and each component have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's test

با توجه به این‌که تعداد دانه در میوه، وزن دانه در میوه و وزن میوه کدو پوست کاغذی در تیمارهای فوق بالاترین میزان را به خود اختصاص داده بودند و با در نظر گرفتن این مطلب که عملکرد دانه با این صفات همبستگی مثبتی دارد؛ بنابراین بالا بودن مقدار این صفات در تمام تیمارهای کشت مخلوط کدو پوست کاغذی در مورد عملکرد دانه نیز صدق می‌کند. نتایج یافته‌های محققین نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط ارقام لوبیا با ذرت از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که در تیمارهای خالص عملکرد دانه بیشتر از مخلوط بود که علت این امر را رقابت درون‌گونه‌ای ذکر شده است (Dabbagh Mohammadi Nasab *et al.*, 2015).

عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چیتی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با دو گونه آفتابگردان و کدو پوست کاغذی بر صفات ارتفاع بوته، تعداد نیام در هر بوته، تعداد دانه در نیام، تعداد شاخه جانبی در بوته، وزن خشک بوته، وزن نیام در بوته، وزن دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت لوبیا چیتی معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود. همچنین نتایج نشان داد که اثر سال در تیمار کشت مخلوط فقط بر صفت وزن نیام در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت لوبیا چیتی معنی‌دار (p≤۰/۰۵) شد.

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چیتی تحت تأثیر ترکیب‌های کشت مخلوط با آفتابگردان و کدو پوست کاغذی در دو سال زراعی

Table 4- Mean comparisons for the yield and yield components of common bean affected by different intercropping arrangements with pumpkin and sunflower in two growi

		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد نیام در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در نیام Number of seeds per pod	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branches per plant	وزن خشک در بوته Dry weight of plant (g)	وزن نیام در بوته Pod weight per plant (g)	وزن دانه در بوته Seed weight per plant (g)	وزن صد دانه 100- seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
سال Year	2015-16	104.86a*	16.81a	4.013a	3.72a	23.44a	40.26a	31.13a	35.35a	63.70a
	2016-17	97.73a	16.50a	3.82a	3.64	14.40b	31.5b	24.84b	31.06b	55.84b
ترکیب‌های کشت مخلوط Intercropping arrangement	P	122.66a	38.03a	4 ab	4.9a	37.72a	86.24a	70.64a	41.06a	64.19a
	H:P	91.50bc	17.06b	4.7 a	4.06b	17.48b	33.22b	35.50b	35.91b	74.16a
	C:P	85.83c	8.43d	3.06c	2.7c	14.27bc	19.88c	16.66c	35.15b	65.96a
	H:C:P	93.33bc	7.4d	4.06ab	2.8c	11.36c	15.94c	9.19d	32.07b	58.94ab
	HH:CC:PP	113.16ab	12.30c	3.7bc	3.8b	13.79bc	24.29b	8.03d	21.83c	35.59b
سال Year 2015-16	P	120 ab	37.73 a	4.1bc	4.7 ab	33.08 b	71.29 b	80.52 a	43.16 a	67.41 abc
	H:P	93 bcd	17.80 b	4.8 a	4.1 bc	10.96efg	30.90 c	35.12 c	36.53 bcd	65.87 abcd
	C:P	88.67 cd	9.20 fe	3.2 de	2.6 d	7.50 g	19.65 d	20.72 d	36.93 bc	55.45ab
	H:C:P	105.67 abcd	8.40 fe	4.2 bc	2.8 d	8.38 fg	17.87 d	10.50e	39.67 b	65.29 abcd
	HH:CC:PP	117 abc	10.93de	3.6 cd	3.8 c	12.09efg	18.13 d	8.80e	20.45 f	47.32 d
2016-17	P	125.33 a	38.33a	3.8 c	5.06 a	42.37 a	101.19 a	60.77 b	38.96 b	60.98 bcd
	H:P	90 bcd	16.33 bc	4.6 ab	4 bc	24 b	35.54 c	35.89 c	35.30cd	62.45 a
	C:P	83 d	7.66 fe	2.8 e	2.8 d	21.03 cd	20.11 d	12.60e	32.37 d	59.31 bcd
	H:C:P	81 d	6.5 f	3.9 c	2.8 d	14.33 ef	14.02 d	7.89e	24.46 e	52.59 cd
	HH:CC:PP	109.33 abcd	13.66 cd	3.8 c	3.8 c	15.49 de	30.46 c	7.25e	23.20 ef	23.87e

P: کشت خالص لوبیا چیتی، (H:P): آفتابگردان+ لوبیا چیتی، (C:P): کدو پوست کاغذی+لوبیا چیتی، (H:C:P): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (یک ردیفی) و (HH:CC:PP): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (دو ردیفی)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

P: Sole cropping of common bean,(H:P): sunflower+ common bean, (C:P): pumpkin+ common bean, (H:C:P): sunflower+ pumpkin+ common bean (one row) and (HH:CC:PP): sunflower+ pumpkin+ common bean (two rows)

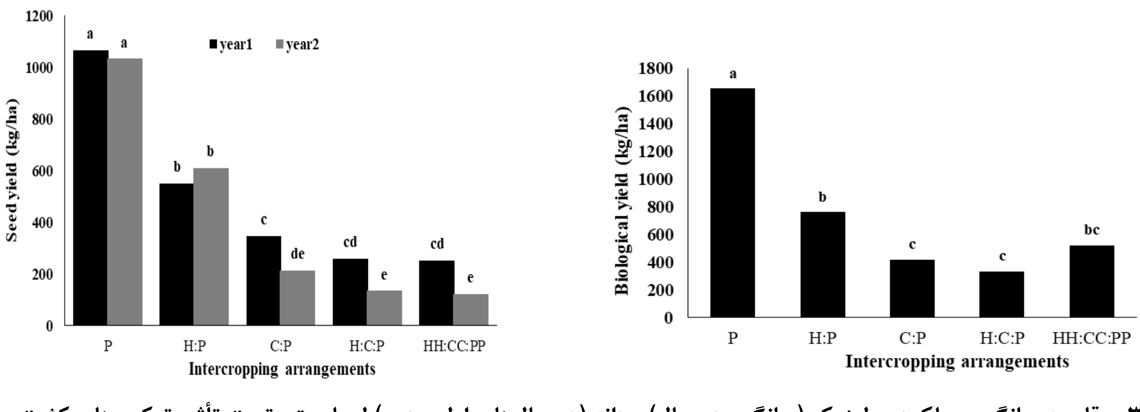
* Means with the same letter(s) in each column and each component have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's test.

وزن نیام در بوته، وزن دانه در بوته و وزن صد دانه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که از نظر وزن نیام در بوته و وزن دانه در بوته لوبیا چیتی در سال اول بین تیمارهای کشت مخلوط با آفتابگردان و کدو پوست کاغذی اختلاف معنی‌دار وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین وزن نیام در بوته را تیمار خالص (P) (۷۱/۲۹ گرم در بوته) و پس از آن تیمار دوگانه لوبیا چیتی+ آفتابگردان (H:P) (۳۰/۹ گرم در بوته) به خود اختصاص دادند و بین تیمارهای دوگانه لوبیا چیتی+ کدو پوست کاغذی (C:P) و سه‌گانه یک ردیفه و دو ردیفه (H:C:P, HH:CC:PP) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی این تیمارها با کشت خالص (P) اختلاف داشتند. در سال دوم نیز مشابه سال اول بیشترین وزن نیام مربوط به تیمار خالص (P) به میزان ۱۰۱/۱۹ گرم در بوته به‌دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین نتایج مشابهی برای وزن دانه در بوته و وزن صد دانه مشاهده شد. به‌گونه‌ای که در سال‌های اول و دوم مطالعه بیشترین وزن دانه در بوته (به‌ترتیب با ۸۰/۵۲ و ۶۰/۷۷ گرم در بوته) و وزن صد دانه (به‌ترتیب با ۴۳/۱۶ و ۳۸/۹۶ گرم) نیز در کشت خالص (P) مشاهده شد (جدول ۴). در تحقیقی بر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشاهده شد که بالاترین وزن ۱۰۰۰ دانه لوبیا مربوط به تیمار خالص بود (Habte *et al.*, 2016). محققین دلیل کاهش وزن نیام در بوته، وزن دانه در بوته و وزن صد دانه در کشت مخلوط نسبت به خالص را به بالاتر بودن رقابت برون گونه‌ای بین گیاهان ذرت و لوبیا با یکدیگر نسبت دادند. همچنین در تیمار مخلوط دو گانه لوبیا چیتی و آفتابگردان به‌این‌علت که آفتابگردان با سایه‌اندازی بر لوبیا چیتی غلبه کرده و از رشد آن می‌کاهد موجب کاهش اجزای عملکرد در مقایسه با سایر تیمارهای مخلوط شده است. از سوی دیگر، وجود کدو پوست کاغذی با فرم رویشی خزنده در ترکیب‌های مخلوط باعث شده سطح خاک به‌طور کامل پوشش داده شده که این امر به دلیل سایه‌اندازی سبب جلوگیری از رشد مطلوب بوته‌های لوبیا چیتی و احتمالاً تا حدودی ایجاد خفگی شده و در نهایت، کاهش اجزای عملکرد لوبیا چیتی در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به خالص را به دنبال داشته است. با این‌وجود، محققان بر این باورند که کشت مخلوط با ایجاد تعادل اکولوژیک موجب پوشش مناسب‌تر زمین در مقایسه با تک‌کشتی شده و می‌تواند علاوه بر کنترل علف‌های هرز، حفظ بهتر رطوبت و کاهش دمای کانوپی و خاک را ایجاد کرده و همچنین از تنش‌های محیطی بر گونه‌های مخلوط بکاهد و یا از تأثیر آن جلوگیری کند (Nakhzari *et al.*, 2016; Lamei Harvani, 2013; Eskandari and Alizadeh-Amraei, 2015).

عملکرد دانه، بیولوژیک و شاخص برداشت

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه لوبیا چیتی در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب مربوط به تیمار خالص (P) (با ۱۰۶۵ و ۱۰۳۳ کیلوگرم در هکتار) و مخلوط سه‌گانه (HH:CC:PP) (با ۲۵۱ و ۱۲۳ کیلوگرم در هکتار) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۳). بالاترین عملکرد بیولوژیک لوبیا چیتی مربوط به تیمار کشت خالص (P) (۱۶۵۴ کیلوگرم در هکتار) بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (میانگین دو سال) و دانه (در سال‌های اول و دوم) لوبیا چیتی تحت تأثیر ترکیب‌های کشت مخلوط با کدو پوست کاغذی و آفتابگردان

P: کشت خالص لوبیا چیتی، (H:P) آفتابگردان+ لوبیا چیتی، (C:P): کدو پوست کاغذی+لوبیا چیتی، (H:C:P): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (یک ردیفی) و (HH:CC:PP): آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (دو ردیفی)

Figure 3- Mean comparisons for biological yield (mean of two years) and seed yield (for the first and second years) of common bean affected as intercropping arrangements with pumpkin and sunflower

P: Sole cropping of common bean,(H:P): sunflower+ common bean, (C:P): pumpkin+ common bean, (H:C:P): sunflower+ pumpkin+ common bean (one row) and (HH:CC:PP): sunflower+ pumpkin+ common bean (two rows)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

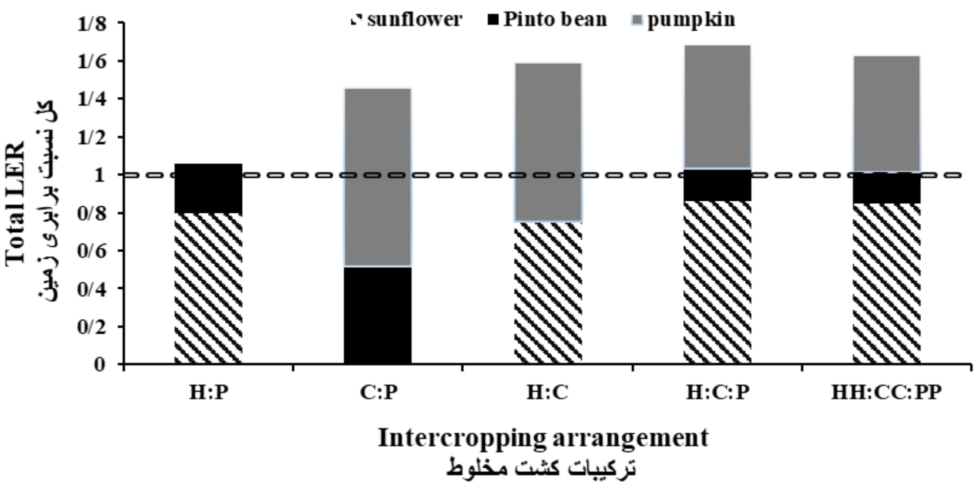
Means with the same letter(s) in each figure have not significant difference at 5% probability level based on Duncan’s test.

نتایج یافته‌های کوچکی و همکـاران (Koocheki *et al.*, 2014) نشان داد که در کشت مخلوط سه گیاه سیاهدانه، نخود و لوبیا عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر کشـت مخلـوط قـرار گرفـت و بـالاترین عملکرد دانه در کشت خالص نسبت به کشت مخلـوط مشـاهده شـد. همچنین در پژوهشی دیگر، هبت و همکاران (Habte *et al.*, 2016) بیان کردند که بالاترین عملکرد دانـه ذرت را تیمـار خـالص دارا بـود. گبرو (Gebru, 2015) اعلام نمود که بالاتر بـودن عملکـرد در تیمـار خالص می‌تواند مربوط به این واقعیت باشد که گیاه در تک‌کشـتی بـه دلیل انتخاب تراکم مناسب و کـاهش سـهم رقابـت بـین گونـه‌ای در دریافت منابع آب و نور و عناصر غذایی موفق‌تر بـوده و همچنـین بـه دلیل تراکم بالاتر در تـک‌کشـتی در نهایـت، عملکـرد بـالاتری را در مقایسه با ترکیب‌های کشت مخلـوط بـه خـود اختصـاص داده اسـت. نتایج پژوهشی در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا، نیز نشـان داد کـه بالاترین عملکرد بیولوژیک را تیمار خالص لوبیـا دارا بـود (Hamzeh and Babaei, 2016).

بررسی شاخص برداشت لوبیا چیتی نشان داد که بیشترین میـزان این صفت در سال اول در تیمار دوگانه آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) به‌دست آمد که با تیمارهای دوگانه لوبیا چیتی+ کدو پوسـت کاغـذی (C:P)، خالص (P) و سه‌گانه یک ردیفه (H:C:P) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین آن در تیمار سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) به‌دست آمد. در سال دوم نیز بیشترین مقدار این شـاخص مربـوط بـه تیمار دوگانه آفتابگردان+ لوبیا چیتی (H:P) و کمترین آن مربـوط بـه تیمـار سـه‌گانـه دو ردیفـه (HH:CC:PP) بـود (جـدول ۴). نتیجـه یافته‌های نوربخش و همکاران (Nurbakhsh *et al.*, 2015) مبنی بر تأثیرپذیری شاخص برداشت لوبیا نسبت به نسبت‌های مختلف کشـت مخلوط جایگزینی با کنجد با یافته‌های این پژوهش همخوانی دارد.

نسبت برابری زمین

در شکل ۴ نسبت برابری زمین جزئی و کل سه گونه آفتابگردان، کدو پوست کاغذی و لوبیا چیتی در ترکیـب‌هـای دوگانـه و سـه‌گانـه کشت مخلوط ارائه شده است.



شکل ٤- نسبت برابری زمین جزئی و کل در ترکیب‌های کشت مخلوط آفتابگردان، کدو پوست‌کاغذی و لوبیا چیتی

H:P: آفتابگردان+لوبیا چیتی، C:P: لوبیا چیتی+ کدو پوست کاغذی، H:C: آفتابگردان+کدو پوست کاغذی، H:C:P: آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (یک ردیفی) و HH:CC:PP: آفتابگردان+ کدو پوست کاغذی+ لوبیا چیتی (دو ردیفی)

(خط نقطه‌چین نشان‌دهنده نسبت برابری زمین یک است.)

Figure 4- Partial and total land equivalent ratio for different arrangements of intercropped sunflower with pumpkin and common bean

H:P: sunflower+ common bean, C:P: common bean + pumpkin, H:C: sunflower+ pumpkin, H:C:P: sunflower+ pumpkin+ common bean (one row) and HH:CC:PP: sunflower+ pumpkin+ common bean (two rows)

(Dotted line indicates LER=one.)

نتـایج آزمـایش نشـان داد کـه نسـبت برابـری زمـین در تمـامی تیمارهای کشت مخلوط دوگانه و سه‌گانه یک ردیفه و دو ردیفـه سـه گونه آفتابگردان، کدو پوست کاغذی و لوبیا چیتی بیشتر از ۱ به‌دسـت آمـد و در مخلـوطهـای سـه‌گانـه یـک ردیفـه (H:C:P) و دو ردیفـه (HH:CC:PP) (به‌ترتیـب بـا ۱/۶۹ و ۱/۶۲) بـالاتر از مخلـوطهـای دوگانه آفتابگردان+ کدو پوسـت کاغـذی (۱/۵۹)، آفتـابگردان+ لوبیـا چیتی (۱/۰۵) و کدو پوسـت کاغـذی+ لوبیـا چیتـی (۱/۴۶) محاسـبه گردید. در بین کشت‌های دوگانـه، نسـبت برابـری زمـین در مخلـوط آفتابگردان+ کدو بـالاتر از دو مخلـوط دوگانـه دیگـر بـود و کمتـرین

نسبت برابری زمین را تیمار مخلوط آفتابگردان+ لوبیا چیتی به خود اختصاص داد (شکل ۴).

با مقایسه نسبت برابری زمین جزئی گونه‌های همراه در ترکیب‌های دوگانه و سه‌گانه در کشت مخلوط نتیجه گرفته شد که در ترکیب‌های دوگانه آفتابگردان+لوبیا چیتی، گونه آفتابگردان، در تیمار کدو پوست کاغذی+لوبیا چیتی، گونه کدو پوست کاغذی، در ترکیب آفتابگردان+کدو پوست کاغذی، گونه کدو پوست کاغذی، در ترکیب‌های سه‌گانه یک ردیفی و دو ردیفی، گونه آفتابگردان تأثیر مثبت‌تری از حضور گونه(های) همراه پذیرفته است (شکل ۴). از آنجا که نسبت برابری زمین جزئی بیانگر اثر متقابل گیاهان همراه بر یکدیگر و تأثیرپذیری هر یک از آن‌ها در مخلوط می‌باشد، به نظر می‌رسد حضور لوبیا چیتی در کشت مخلوط از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و فراهمی این عنصر ضروری برای رشد بوته تأثیر مثبتی بر حضور گونه‌های همراه در ترکیب‌های مختلف داشته است. بالاترین نسبت برابری زمین جزئی در تمامی ترکیب‌های کشت مخلوط برای آفتابگردان محاسبه گردید که دلیل این امر احتمالاً مربوط به غالب بودن کانوپی این گیاه و بهره‌گیری بهتر این‌گونه نسبت به دو گونه دیگر در ترکیب‌های کشت مخلوط می‌باشد. بالاتر بودن نسبت برابری زمین در تمامی ترکیب‌های دوگانه و سه‌گانه کشت مخلوط بیانگر اثر مثبت همراهی این گونه‌ها در کشت مخلوط می‌باشد.

در مطالعه‌ای کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2013) با بررسی چهار ترکیب کشت مخلوط تأخیری گندم و ذرت اعلام نمودند که نسبت برابری زمین برای کارآیی جذب نیتروژن در تمام کشت‌های مخلوط تأخیری بالاتر از یک (۲-۱/۴۹) بود. در پژوهشی دیگر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشخص شد که بالاترین نسبت برابری زمین مربوط به تیمار مخلوط ذرت+۷۵٪ لوبیا با ۱/۴۲ بود (Habte *et al*., 2016). نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که نسبت برابری زمین بیشتر از یک بوده و بالاترین نسبت برابری زمین در تیمار مخلوط یک ردیف گیاه زراعی+یک ردیف سیاهدانه با ۱/۵۲ مشاهده شده است (Koocheki *et al*., 2014). نتایج پژوهش کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2016) نشان داد که بالاترین نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه در کشت مخلوط آفتابگردان، کنجد و لوبیا مربوط به تیمار مخلوط ردیفی سه گونه با ۱/۳۴ بود. همچنین در پژوهشی دیگر، گزارش شد که بیشترین نسبت برابری زمین در کشت سه‌گانه ذرت، لوبیا چیتی و کدو پوست کاغذی با ۲/۱ مشاهده شد (Moradi *et al*., 2016). به‌طور کلی، محققان (Nakhzari Moghadam *et al*., 2016; Lamei Harvani, 2013; Amraei, *et al*., 2014; Koocheki *et al*., 2016; Koocheki *et al*., 2014) تاکید دارند که کشت مخلوط با ایجاد تعادل اکولوژیک موجب پوشش مناسب‌تر زمین در مقایسه با تک‌کشتی شده که علاوه بر بهبود کارایی مصرف منابع، کنترل علف‌های هرز، حفظ بهتر رطوبت و کاهش دمای کانوپی و دمای سطح خاک و همچنین از بروز تنش‌های محیطی جلوگیری می‌کند و در نهایت، از طریق تأثیر مثبت بر رشد و عملکرد بهبود نسبت برابری زمین را به دنبال دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در کدو (۲۵۰۱ کیلوگرم در هکتار) و آفتابگردان (۱۰۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مخلوط دوگانه لوبیا چیتی+ کدو پوست کاغذی (C:P) و سه‌گانه دو ردیفه (HH:CC:PP) و تنها بالاترین عملکرد لوبیا بود که مربوط به تیمار خالص (P) به‌دست آمد. بر اساس یافته‌های پژوهش برتری کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی نشان داد. در تیمارهای مختلف سه گونه زراعی آفتابگردان، کدو پوست کاغذی و لوبیا چیتی، کانوپی غالب را آفتابگردان و پس از آن کدو به خود اختصاص داد و این عامل به‌واسطه ارتفاع بلندتر آفتابگردان و فرم رویشی خوابیده و گسترش افقی گیاه کدو پوست کاغذی بر سطح خاک سبب استفاده بهتر از منابع به‌ویژه نور شد که موجب گردید کدو نور عبوری از بالای کانوپی آفتابگردان را جذب کند و تأثیر مثبتی در جلوگیری از تلفات نور داشته باشد. حضور گیاه کدو در کف کانوپی این سه گونه همراه همچنین موجب حفظ رطوبت و کاهش رشد علف‌های هرز گردید. نتایج آزمایش حاکی از آن است که نسبت برابری زمین در کشت‌های سه‌گانه بالاتر از کشت‌های دوگانه و در کل برتری ترکیب‌های کشت مخلوط این سه گونه در مقایسه با تک‌کشتی می‌باشد که این اثر مثبت و برتری کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی اعلام می‌نماید.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره ۴۰۹۸۲ مصوب ۱۳۹۵/۰۳/۰۹ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Amini, R., Dabbag Mohammadi Nassab, A., and Shamayeli, M. 2014. The relative yield and relative benefits of sunflower intercropping in different patterns with soybeans and corn. Agricultural Ecology 6 (3): 529-541. (in Persian with English abstract).
2. Dabagh Mohamadi Nasab, A., Amini, R., and Tamri, E. 2015. Evaluation of intercropping of maize (*Zea mays* L.) and three varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with the use of biological and chemical fertilizers. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25 (1): 99-113. (in Persian with English abstract).

3. Esfandiary Ekhlas, E., Nael, M., and Hamzei, J. 2018. The effect of integrated management of conservation tillage and *Lathyrus sativus* cover cropping on *Cucurbita pepo* yield and selected soil quality indicators. Iranian Journal of Field Crops Research 16 (2): 421-434. (in Persian with English abstract).
4. Gebru, H. 2015. A review on the comparative advantage of intercropping systems. International Knowledge sharing Platform 5 (7): 1-14.
5. Gliessman, S. R. 1998. Agroecology: Ecological Process in Sustainable Agriculture. Ann Arbor Press Michigan. 252 pp.
6. Habte, A., Kassa, M., and Sisay, A. 2016. Maize (*Zea mays* L.)- common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping response to population density of component crop in Wolaita Zone Southern Ethiopia. Journal of Natural Sciences Research 6 (15): 69-74.
7. Hamzei, J., and Babai, M. 2016. Study of qualitative and quantitative performance and LER sunflower (*Helianthus annuus* L.) the series intercropping beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology Research 8 (4): 490-504. (in Persian with English abstract).
8. Ijoyah, M. O., Ogar, A. O., and Ojo, G. O. S. 2013. Soybean-maize intercropping on yield and system productivity in Makurdi, Central Nigeria. Scientific Journal of Science 2: 49-55.
9. IPES-Food. 2016. From Uniformity to Diversity: A Paradigm Shift from Industrial Agriculture to Diversified Agroecological Systems. International Panel of Experts on Sustainable Food Systems (IPES-Food), Brussels.
10. Keykha, M. M., Khammari, I., Dahmardeh, M., and Forouzandeh, M. 2018. Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. Journal of Agroecology 9 (4): 1050-1069. (in Persian with English abstract).
11. Khatamipour, M., Asgharipour, M. R., and Sirousmehr, A. 2014. Intercropping benefits of foxtail millet (*Setaria italica*) with mungbean (*Vignaradiata*) as influenced by application of different manure levels. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 24 (3): 75-86. (in Persian with English abstract).
12. Khoramivafa, M., Eftekharinasab, N., Nemati, A., Sayadian, K., and Najafi, A. 2011. Economic evaluation of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. var. Styriac)/ chickpea-lentil intercropping system associated with several nitrogen levels. Journal of Daneshvar 3 (5): 53-62. (in Persian with English abstract).
13. Momen Keykha, M., Khammari, I., Dahmardeh, M., and Forouzandeh, M. 2018. Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. Agroecology 9 (4): 1050-1069. (in Persian with English abstract).
14. Koocheki, A., Fallahpoor, F., and Amin Ghafori, A. 2013. Determining the best width of strip in row intercropping of sesame and linen and its effect on yield, yield components and weed density. Journal of Agroecology. (in Persian with English abstract).
15. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12 (1): 1-8. (in Persian with English abstract).
16. Koocheki, A., Nassiri, M., and Jahan, M. 2010. Radiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. Iranian Journal of Field Crops Research 6 (1): 127-137. (in Persian with English abstract).
17. Koocheki, A., Norbakhsh, F., and Cheshmi, M. 2017. Assessment of yield and use efficiency of nitrogen and phosphorus in row intercropping of wheat and canola. Iranian Journal of Field Crops Research 15 (3): 559-574. (in Persian with English abstract).
18. Koocheki, A., Zarghani, H., and Noroozivan, A. 2016. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*) under different intercropping arrangements. Iranian Journal of Field Crops Research 14 (2): 226-243. (in Persian with English abstract).
19. Lamei Harvani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops and barley in rainfed conditions of Zanjan province in Iran. Seed and Plant Production 29: 169-183. (in Persian with English abstract).
20. Moradi, P., Asghari, J., Mohsen Abadi, G. R., and Samiezadeh, H. A. 2015. The role of triple cultures in weed control and yield of pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). Knowledge of Sustainable Agricultural Production 24 (4): 17-31. (in Persian with English abstract).
21. Morales, R. E. J., Escalante, E. J. A., Sosa, C. L., and Volke, H. V. H. 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annus* L. in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10: 431-439.
22. Nakhzari Moghaddam, A., Dehghanpoor Incheboroon, O., and Rahemi Karizaki, A. 2016. The effect of nitrogen levels and different ratios of replacement intercropping series on forage yield and competition indices of barley and green pea. Electronical Journal of Crop Production 1: 199-214. (in Persian with English abstract).

23. Nasrollahzadeh Asl, A., and Talebi, M. 2017. Evaluation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and maize (*Zea mays* L.) cultivars by replacement method in Khoy area. Plant Ecophysiology 8 (27): 204-215. (in Persian with English abstract).
24. Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R., and Nasrollahzadeh Asl, V. 2012. Evaluation of sunflower (*Helianthus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. Agricultural Science and Sustainable Production 22 (2): 79-90. (in Persian with English abstract).
25. Nurbakhesh, F., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2015. Evaluation of yield, yield components and different intercropping indices in mixed and row intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 6 (2): 73-86. (in Persian with English abstract).
26. Raseduzzaman, M., and Jensen, E. S. 2017. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. European Journal of Agronomy 91: 25-33.
27. Rezaei-Chiyaneh, E., Khorramdel, S., and Garachali, P. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) on their yield and land use efficiency. Journal of Agricultural Crops Production 17 (1): 183-196. (in Persian with English abstract).
28. Rushdi, M., Reza dost, S., and Khalili Mohaleh, J. 2012. Effect of nitrogen fertilizer on yield and yield components of pumpkin in intercropping with pinto bean. Journal of Agricultural Research 4 (3): 279-292. (in Persian with English abstract).
29. Tajebe, L., Anjulo, A., and Ewnetu, Z. 2013. Apple based agroforestry in Dendi Woreda, Oromiya Region: Income contribution and determinants for adoption. Ethiopian Journal of Agricultural Sciences 23 (1-2): 61-73.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 3, Fall. 2020, p. 251-266

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۲۶۶-۲۵۱

Effect of Different Arrangements of Intercropping for Sunflower (*Helianthus annus* L.), Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) on Yield and Yield Components

A. Koocheki[1*], M. Nassiri Mahallati[1], M. Hooshmand[2], S. Khorramdel[3]

Received: 22-11-2018
Accepted: 23-01-2019

Introduction

Intercropping is an old agricultural practice which is growing of multiple crop species at the same time in the same place. Traditionally, intercropping has been used to increase crop production and the efficiency of the resource as well mitigate any possible risk. Intercropping has been shown to decrease the risk of crop failure by increasing the crop yield stability over time. Intercropping creates biodiversity in the cropping systems, and it is considered to make the systems more resilient against environmental perturbations, thus enhancing food security. Land equivalent ratio (LER) is often conceded as an indicator to determine the efficacy of intercropping that measure the land productivity. LER may be interpreted as the relative area required by sole crops to produce the same yields as achieved in a unit area of intercrop. The objective of the present work was to evaluatethe effect of row intercropping of three plant species such as sunflower, pumpkin and common bean on the yield, yield components and land equivalent ratio under climatic conditions of Mashhad.

Materials and Methods

This experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during two growing seasons of 2015-2016 and 2016-2016. The treatments were double (H:C, H:P, C:P) and triple (H:C:P and HH:CC:PP including one row and two rows of each species) arrangements of sunflower, pumpkin and common bean as replacement series and their sole cropping. Investigated traits were plant height, 100-seed weight, number of seeds per head, head diameter, seed weight per plant, biological yield, seed yield and harvest index of sunflower, seed weight per fruit, 100-seed weight, fresh weight of fruit, dry weight of fruit, number of seeds per fruit, dry weight of plant, biological yield, seed yield and harvest index of pumpkin and plant height, number of pods per plant, number of seeds per pods, number of branches per plant, dry weight of plant, pod weight per plant, seed weight per plant and 100-seed weight, biological yield, seed yield and harvest index of common bean. The LER was calculated as the sum of relative yields of component crops in an intercrop versus sole crops. For analysis of variance SAS ver 9.2 was used. All the means were compared according to Duncan multiple range test ($p \leq 0.05$).

Results and Discussion

The results showed that the effect of different intercropping arrangements of sunflower, pumpkin and common bean was significant ($p \leq 0.05$) on their yield components, seed yield, biological yield and harvest index. The highest seed yield of sunflower, common bean and pumpkin were observed in triple cropping as two rows (10158 kg.ha^{-1}), sole cropping(10493 kg.ha^{-1}) and common bean+ pumpkin (25014 kg.ha^{-1}), respectively. The maximum biological yield of sunflower, pumpkin and common bean were observed in it sole cropping, triple cropping as one row and sole cropping. The highest and the lowest land equivalent ratio were calculated with triple cropping as one row (1.69) and sunflower+ common bean (1.06), respectively.

Conclusions

Results revealed that growth, yield components and yield of sunflower, pumpkin and common bean were significantly affected by intercropping arrangements. However due to different criteria of these species associated with better use of water, radiation and nutrient resources when they are intercropped, land use efficiency was increased.

Acknowledgement

This research (40982) was funded by the Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Land equivalent ratio, Replacement series, Resource use efficiency, Seed yield

1- Professor, Department of Agroetechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- PhD student in Agroecology, Department of Agroetechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Associate Professor, Department of Agroetechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)